

EP00/01231

4



EPO-Munich  
 51  
 24. März 2000

**Bescheinigung**

REC'D 17 MAY 2000	
WIPO	PCT

Die Siemens Aktiengesellschaft in München/Deutschland hat eine Patentanmeldung unter der Bezeichnung

"Verfahren zur Bildung bzw. Ermittlung einer Signalfolge,  
 Verfahren zur Synchronisation, Sendeeinheit und Empfangseinheit"

am 29. April 1999 beim Deutschen Patent- und Markenamt eingereicht.

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

Die Anmeldung hat im Deutschen Patent- und Markenamt vorläufig das Symbol H 04 L 7/00 der Internationalen Patentklassifikation erhalten.

München, den 20. März 2000

**Deutsches Patent- und Markenamt**

**Der Präsident**

Im Auftrag

Aktenzeichen: 199 19 545.5

Best Available Copy

**PRIORITY  
 DOCUMENT**  
 SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
 COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

Dzierzon

## Beschreibung

Verfahren zur Bildung bzw. Ermittlung einer Signalfolge, Verfahren zur Synchronisation, Sendeeinheit und Empfangseinheit

5

Die Erfindung betrifft insbesondere ein Verfahren zur Bildung einer zum Zwecke der Synchronisation zumindest zweier Übertragungseinheiten zu übertragenden Signalfolge, sowie ein Verfahren zur Ermittlung einer derart bildbaren Signalfolge und entsprechende Sende- bzw. Empfangseinheiten.

10

Bei Signalübertragungssystemen, wie beispielsweise Mobilfunksystemen, ist es erforderlich, daß einer der Kommunikationspartner (erste Übertragungseinheit) bestimmte festgelegte Signale erkennt, die von einem anderen Kommunikationspartner (zweite Übertragungseinheit) ausgesandt werden. Dabei kann es sich beispielsweise um sogenannte Synchronisierungs-Bursts (Synchronisierungs-Funkblöcke) zur Synchronisierung zweier Synchronisationspartner, wie beispielsweise Funkstationen, oder um sogenannte Access-Bursts handeln.

15

20

Um derartige Empfangssignale gegenüber dem Umgebungsrauschen zuverlässig zu erfassen bzw. zu identifizieren, ist es bekannt, das Empfangssignal fortlaufend über eine festgelegte Zeitdauer mit einer vorgegebenen Signalfolge zu korrelieren und die Korrelationssumme über die Zeitdauer der vorgegebenen Signalfolge zu bilden. Der Bereich des Empfangssignals, der eine maximale Korrelationssumme ergibt, entspricht dem gesuchten Signal. Dem Synchronisationssignal von der Basisstation eines digitalen Mobilfunksystems ist beispielsweise eine Signalfolge als sogenannte Trainingssequenz vorgeschaltet, die auf die eben beschriebene Weise in der Mobilstation durch Korrelation mit der abgespeicherten Signalfolge erfaßt oder ermittelt wird. So können die Mobilstationen mit der Basisstation synchronisiert werden.

25

30

35

Der Erfindung liegt auch die Aufgabe zugrunde, Verfahren und Anordnungen anzugeben, die es erlauben, Signalfolgen zu bilden, und damit Signalfolgen anzugeben, die in übertragenen Empfangssignalfolgen leicht zu ermitteln sind. Der Erfindung  
5 liegt auch die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und Anordnungen anzugeben, die es erlauben, diese Signalfolgen durch die Bildung von Korrelationssummen vergleichsweise einfach zu ermitteln.

10 Gelöst wird die Aufgabe durch die Merkmale der unabhängigen Patentansprüche. Weiterbildungen sind den Unteransprüchen zu entnehmen.

Die Erfindung beruht auf dem Gedanken, Signalfolgen zu bilden, indem eine zweite Signalteilfolge der Länge  $n_2$   $n_1$  mal  
15 wiederholt wird, dabei mit der ersten Signalteilfolge moduliert wird, und zumindest eine der Signalteilfolgen eine Golaysequenz ist.

20 Dadurch können Signalfolgen gebildet werden, die, wenn sie in einer Empfangssignalfolge enthalten sind, leicht ermittelt werden können. Insbesondere ist die Verwendung von Golaysequenzen von Vorteil, weil zur Berechnung der Korrelation ein sehr effektiver Algorithmus bekannt ist.

25 So kann beispielsweise bei der Verwendung einer Hierarchischen Korrelationsfolge der Länge 256, die aus 2 konstituierenden Golaysequenzen der Länge 16 aufgebaut ist, für den PSC eines UMTS-Systems der Rechenaufwand gegenüber einer herkömmlichen Realisierung mittels einer Golaysequenz der Länge 256  
30 von 15 auf 14 Additionen pro berechnetem Korrelatorausgangswert reduziert werden. .

Eine Weiterbildung der Erfindung sieht vor, daß die zur Bildung der Signalteilfolge verwendete Permutation  $P_1, P_2, P_3, P_4$   
35 und Einheitsgröße  $W_1, W_2, W_3, W_4$  folgender Menge von Permutation-Einheitsgrößen-Paaren  $(P_1 P_2 P_3 P_4, W_1 W_2 W_3 W_4 ;)$  ent-

Im folgenden wird die Erfindung anhand verschiedener Ausführungsbeispiele näher beschrieben, zu deren Erläuterung die nachfolgend aufgelisteten Figuren dienen:

5    Figur 1 schematische Darstellung eines Mobilfunknetzes

Figur 2 Blockschaltbild einer Funkstation

10    Figur 3 herkömmliches Verfahren zur Berechnung von Korrelationssummen

Figur 4 Darstellung erfindungsgemäßer Signalfolgen und Signalteilfolgen

15    Figur 5 schematische Darstellung der Bildung der erfindungsgemäßen Signalfolge

Figur 6,7 und 8 schematische Darstellung eines Verfahrens zur Berechnung einer Korrelationssumme

20    Figur 9 und 10 schematische Darstellung einer Ausführungsvariante eines Verfahrens zur Bildung der Korrelationssumme

25    Figur 11 Blockschaltbild eines effizienten hierarchischen Golay-Korrelators.

In Figur 1 ist ein zellulares Mobilfunknetz, wie beispielsweise das GSM (Global System for Mobile Communication)-System dargestellt, das aus einer Vielzahl von Mobilvermittlungsstellen MSC besteht, die untereinander vernetzt sind, bzw. den Zugang zu einem Festnetz PSTN/ISDN herstellen. Ferner sind diese Mobilvermittlungsstellen MSC mit jeweils zumindest einem Basisstationscontroller BSC verbunden, der auch durch ein Datenverarbeitungssystem gebildet sein kann. Eine ähnliche Architektur findet sich auch in einem UMTS (Universal Mobile Telecommunication System).

30

35

Mobilfunksysteme, wie CDMA-Systeme, insbesondere Wide-Band-CDMA-Systeme abgebildet werden.

Mittels Vielfachzugriffsverfahren können Daten über eine  
5 Funkschnittstelle effizient übertragen, separiert und einer  
oder mehreren bestimmten Verbindungen bzw. dem entsprechenden  
Teilnehmer zugeteilt werden. Dazu kann ein Zeitvielfachzu-  
griff TDMA, ein Frequenzvielfachzugriff FDMA, ein Codeviel-  
fachzugriff CDMA oder eine Kombination aus mehreren dieser  
10 Vielfachzugriffsverfahren eingesetzt werden.

Beim FDMA wird das Frequenzband  $b$  in mehrere Frequenzkanäle  $f$   
zerlegt; diese Frequenzkanäle werden durch den Zeitvielfach-  
zugriff TDMA in Zeitschlitz  $t_s$  aufgeteilt. Die innerhalb ei-  
15 nes Zeitschlitzes  $t_s$  und eines Frequenzkanals  $f$  übertragenen  
Signale können durch verbindungsindividuelle den Daten aufmo-  
dulierte Spreizcodes, sogenannte CDMA-Codes  $cc$  separiert wer-  
den.

20 Die so entstehenden physikalischen Kanäle werden nach einem  
festgelegten Schema logischen Kanälen zugeordnet. Bei den lo-  
gischen Kanälen unterscheidet man grundsätzlich zwei Arten:  
Signalisierungskanäle (bzw. Steuerkanäle) zur Übertragung von  
Signalisierungsinformationen (bzw. Steuerinformationen) und  
25 Verkehrskanäle (Traffic Channel TCH) zur Übertragung von  
Nutzdaten.

Die Signalisierungskanäle werden weiter unterteilt in:

- Broadcast Channels
- Common Control Channels
- 30 - Dedicated/Access Control Channel DCCH/ACCH

Zu der Gruppe der Broadcast Channels gehören der Broadcast  
Control Channel BCCH, durch den die MS funktechnische Infor-  
mationen vom Basisstationssystem BSS erhält, der Frequency  
Correction Channel FCCH und der Synchronization Channel SCH.

35 Zu den Common Control Channels gehört der Random Access Chan-  
nel RACH. Die zur Realisierung dieser logischen Kanäle über-  
tragenen Funkblöcke oder Signalfolgen können dabei für unter-

bzw. der Synchronisationscode cp der Länge 256 ist dabei aus zwei Signalteilstfolgen  $K1(j), K2(k)$ , die jeweils die Länge 16 aufweisen, gebildet oder kann derart gebildet werden. Diese Signalteilstfolgen bilden dabei ein Signalteilstfolgenpaar

5  $(K1(j); K2(k))$ .

Eine derart erhältliche Signalfolge  $K(i)$  kann dabei auch "hierarchische Signalfolge" genannt werden. Eine Signalteilstfolge kann auch "kurze Korrelationsfolge" genannte werden.

10

Zumindest eine Signalteilstfolge ist dabei eine Golaysequenz  $X_n(k)$ , die durch folgende Beziehung bildbar ist:

$$\begin{aligned} X_0(k) &= \delta(k) \\ X'_0(k) &= \delta(k) \\ X_n(k) &= X_{n-1}(k) + W_n \cdot X'_{n-1}(k - D_n) \\ X_n(k) &= X_{n-1}(k) - W_n \cdot X'_{n-1}(k - D_n), \end{aligned}$$

15

$$\begin{aligned} k &= 0, 1, 2, \dots, 2^{NX}-1 \\ n &= 1, 2, \dots, NX \\ D_n &= 2^{P_n} \end{aligned}$$

20

mit

$n_x = 2^{NX}$

25  $\delta(k)$  Kroneckersche Deltafunktion

$P_n$ ,  $n = 1, 2, \dots, NX$ , ist beliebige Permutation der Zahlen  $\{0, 1, 2, \dots, NX-1\}$  für die X Sequenz,

$W_n$  Gewichte für die X Sequenz (+1, -1, +i oder -i).

$W_n$  kann also die Werte +1, -1, +i oder -i annehmen oder zur Erzeugung binärer Golaysequenzen die Werte +1 oder -1 annehmen.

30 Im Rahmen der vorliegenden Anmeldung wird  $W_n$  auch als Einheitsgröße bezeichnet.

Bei einer Ausführungsvariante der Erfindung ist zumindest eine

35 Signalteilstfolge eine hinsichtlich des Frequenzfehlers optimierte Golaysequenz insbesondere der Länge 16, wobei die zur Bildung der Folge verwendete Permutation  $P_1, P_2, P_3, P_4$ ,

Quarze im Empfänger zur Frequenzstabilisierung verzichtet werden.

Durch die aufwendigen Simulationen konnte eine Menge von Go-  
 5 laysequenzen der Länge 16 beschrieben durch eine Menge von  
 Permutation-Einheitsgrößen-Paaren, die in einem und/oder meh-  
 reren der Ansprüche 5, 6 oder 7 angegeben ist, ermittelt wer-  
 den, auf deren Basis Signalfolgen  $K(i)$  bildbar sind, die so-  
 10 wohl bei Frequenzversatz null zwischen Sender und Empfänger,  
 als auch bei einem größeren Frequenzversatz beim Einsatz für  
 Synchronisationszwecke einen kleinen Synchronisationsfehler  
 aufweisen.

Bei aufwendigen Simulationen stellte sich heraus, daß die  
 15 Verwendung einer Signalfolge  $K(i)$ , die sowohl bei kleineren  
 als auch bei größeren Frequenzfehlern (Frequenzversatz) gute  
 Synchronisationseigenschaften aufweist besonders vorteilhaft  
 ist. Daraus folgt eine bevorzugte Wahl von Permutation-  
 Einheitsgrößen-Paaren, aus denen Signalteilfolgen und  
 20 schließlich Signalfolgen  $K(i)$  erhältlich oder bildbar sind.  
 Die Berechnung der Autokorrelationsfunktion in Abhängigkeit  
 von dem Frequenzfehler stellte sich dabei als besonders ge-  
 eignet zur Beurteilung der Synchronisationseigenschaften ei-  
 ner durch ein Permutation-Einheitsgrößen-Paar gebildete Si-  
 25 gnalfolge  $K(i)$  heraus.

Zur Auswahl dieser Signalteilfolgenpaare ( $K1(j); K2(k)$ ) können  
 dabei auch folgende Kriterien herangezogen werden:

- 30 - Autokorrelationsfunktion: Die Berechnung der Autokorrela-  
 tionsfunktion unter Berücksichtigung eines Frequenzversatzes  
 zwischen Sende- und Empfangseinheit kann dabei auch gemäß  
 folgender Formel durchgeführt werden:

35 
$$a(\kappa) = \text{ABS} \left( \sum_{i=0}^{n-1-\kappa} K(i) \cdot [K(i+\kappa)] \cdot \exp(j \cdot 2\pi \cdot f_d \cdot i \cdot \right.$$

ne sehr kleine Teilmenge der grundsätzlich möglichen Menge von zur Bildung von 16-stelligen Golaysequenzen verwendbaren Permutation-Einheitsgrößen-Paaren.

- 5 Als besonders vorteilhaft erwies sich die Verwendung einer Signalfolge  $K(i)$ , die die zur Bildung einer Signalteilfolge verwendete Permutation  $P_1, P_2, P_3, P_4$  und Einheitsgröße  $W_1, W_2, W_3, W_4$  folgender Menge von Permutation-Einheitsgrößen-Paaren  $(P_1 P_2 P_3 P_4, W_1 W_2 W_3 W_4 ;)$  entnommen ist:

10

0213,+j+j+j-1; 0213,-j+j+j-1; 0213,+1-j+j-1; 0213,-1-j+j-1;  
 0213,+1+j-j-1; 0213,-1+j-j-1; 0213,+j-j-j-1; 0213,-j-j-j-1;  
 0213,+j+j+j+1; 0213,-j+j+j+1; 0213,+1-j+j+1; 0213,-1-j+j+1;  
 0213,+1+j-j+1; 0213,-1+j-j+1; 0213,+j-j-j+1; 0213,-j-j-j+1;  
 15 3120,+1-j+j-1; 3120,-1-j+j-1; 3120,+1+j-j-1; 3120,-1+j-j-1;  
 3120,+1+j+j+j; 3120,-1+j+j+j; 3120,+1-j-j+j; 3120,-1-j-j+j;  
 3120,+1+j+j-j; 3120,-1+j+j-j; 3120,+1-j-j-j; 3120,-1-j-j-j;  
 3120,+1-j+j+1; 3120,-1-j+j+1; 3120,+1+j-j+1; 3120,-1+j-j+1;.

- 20 Als besonders vorteilhaft erwies sich die Verwendung einer Signalfolge  $K(i)$ , die die zur Bildung einer Signalteilfolge verwendete Permutation  $P_1, P_2, P_3, P_4$  und Einheitsgröße  $W_1, W_2, W_3, W_4$  folgender Menge von Permutation-Einheitsgrößen-Paaren  $(P_1 P_2 P_3 P_4, W_1 W_2 W_3 W_4 ;)$  entnommen ist:

25

3201, +1-1+1+1; 3201, -1-1+1+1; 3201, +1-1-1+1; 3201, -1-1-1+1;  
 3201, +1-1+1-1; 3201, -1-1+1-1; 3201, +1-1-1-1; 3201, -1-1-1-1;  
 1023, +1+1-1+1; 1023, -1+1-1+1; 1023, +1-1-1+1;  
 1023, -1-1-1+1; 1023, +1+1-1-1; 1023, -1+1-1-1; 1023, +1-1-1-1;  
 30 1; 1023, -1-1-1-1;.

- Als besonders vorteilhaft erwies sich die Verwendung einer Signalfolge  $K(i)$ , die die zur Bildung einer Signalteilfolge verwendete Permutation  $P_1, P_2, P_3, P_4$  und Einheitsgröße  $W_1, W_2, W_3, W_4$  folgender Menge von Permutation-Einheitsgrößen-Paaren  $(P_1 P_2 P_3 P_4, W_1 W_2 W_3 W_4 ;)$  entnommen ist:
- 35



tung von Signalen entstehende Informationen gespeichert. Außerdem können darin Signalfolgen  $K(i)$ , die zu Korrelationszwecken verwendet werden, und Zwischenergebnisse von Korrelationssummenberechnungen gespeichert werden. Die im Rahmen der Erfindung liegenden Signalfolgen  $K(i)$  können also in der Mobilstation und/oder der Basisstation abgespeichert sein. Es ist auch möglich, daß ein oder mehrere der oben aufgeführten Permutation-Einheitsgrößen-Paare oder daraus abgeleitete Signalteilfolgen oder Signalteilfolgenpaare  $(K1(j); K2(k))$  in der Mobilstation und/oder der Basisstation abgespeichert sind. Es ist auch möglich, daß in der Mobilstation und/oder der Basisstation eine Signalfolge  $K(i)$  aus einem Signalteilfolgenpaar  $(K1(j); K2(k))$  und/oder eine Signalteilfolge aus einem Permutation-Einheitsgrößen-Paaren gebildet wird.

Insbesondere kann in einer Basisstation oder in allen Basisstationen eines Systems eine Signalfolge  $K(i)$  abgespeichert sein, die in festen oder variablen Abständen zu Synchronisationszwecken ausgesendet wird. In der Mobilstation MS ist das Signalteilfolgenpaar  $(K1(j); K2(k))$ , aus dem die in der Basisstation abgespeicherte Signalfolge  $K(i)$  bildbar ist oder gebildet werden kann, abgespeichert und wird zur Synchronisation der Mobilstation mit einer Basisstation zur rechenaufwandsgünstigen Korrelationssummenberechnung herangezogen.

Der Hochfrequenzteil HF besteht ggf. aus der Sendeeinrichtung SE, mit einem Modulator und einem Verstärker V und einer Empfangseinrichtung EE mit einem Demodulator und ebenfalls einem Verstärker. Durch Analog/Digitalwandlung werden die analogen Audiosignale und die analogen von der Empfangseinrichtung EE stammenden Signale in digitale Signale gewandelt und vom digitalen Signalprozessor DSP verarbeitet. Nach der Verarbeitung werden ggf. die digitalen Signale durch Digital/Analogwandlung in analoge Audiosignale oder andere Ausgangssignale und analoge der Sendeeinrichtung SE zuzuführende Signale gewandelt. Dazu wird gegebenenfalls eine Modulation bzw. Demodulation durchgeführt.

E(1) paarweise multipliziert, und durch eine Summation der entstehenden Teilergebnisse wieder die Korrelationssumme S1 gebildet.

- 5 Die paarweise Multiplikation der Elemente der Signalfolge mit entsprechenden Elementen der Empfangssignalfolge und die anschließende Summation kann auch in Vektorschreibweise als die Bildung eines Skalarproduktes beschrieben werden, sofern man jeweils die Elemente der Signalfolge und die Elemente der
- 10 Empfangssignalfolge zu einem Vektor eines kartesischen Koordinatensystems zusammenfaßt:

$$S_0 = \begin{pmatrix} K(0) \\ \vdots \\ K(i) \\ \vdots \\ K(n-1) \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} E(0) \\ \vdots \\ E(i) \\ \vdots \\ E(n-1) \end{pmatrix} = K(0) * E(0) + \dots + K(i) * E(i) + \dots + K(n-1) * E(n-1)$$

$$S_1 = \begin{pmatrix} K(0) \\ \vdots \\ K(i) \\ \vdots \\ K(n-1) \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} E(1) \\ \vdots \\ E(i+1) \\ \vdots \\ E(n) \end{pmatrix} = K(0) * E(1) + \dots + K(i) * E(i+1) + \dots + K(n-1) * E(n)$$

15

- In den so ermittelten Korrelationssummen S kann das Maximum gesucht werden, das Maximum der Korrelationssummen S mit einem vorgegebenen Schwellwert verglichen werden, und so ermittelt werden, ob in dem Empfangssignal E(1) die vorgegebene
- 20 Signalfolge K(i) enthalten ist und wenn ja, wo im Empfangssignal E(1) sie sich befindet, und so zwei Funkstationen miteinander synchronisiert werden bzw. Daten, denen ein individueller Spreizcode in Form einer Signalfolge K(i) aufmodu-
- 25 liert wurde, detektiert werden.

In Figur 4 ist wieder die Empfangssignalfolge E(1) und als Korrelationsfolge eine Signalfolge K(i), die auf den Signalteilfolgen K1(j), K2(k) basiert, dargestellt.

gnalteilfolge  $K2(k)$  mit dem entsprechenden Abschnitt der Empfangssignalfolge  $E(l)$  gebildet.

$$TS(0) = \begin{pmatrix} K2(0) \\ \vdots \\ K2(k) \\ \vdots \\ K2(n2-1) \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} E(0) \\ \vdots \\ E(k) \\ \vdots \\ E(n2-1) \end{pmatrix} = K2(0) * E(0) + \dots + K2(k) * E(k) + \dots + K2(n2-1) * E(n2-1)$$

5

Für das zweite Element der Teilkorrelationssummenfolge  $TS(1)$  wird die zweite Signalfolge  $K2(k)$  wie bildlich dargestellt um ein Element verschoben und ebenfalls die Korrelationssumme mit dem entsprechenden Element der Empfangssignalfolge  $E(l)$  gebildet usw.

10

$$TS(1) = \begin{pmatrix} K2(0) \\ \vdots \\ K2(k) \\ \vdots \\ K2(n2-1) \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} E(1) \\ \vdots \\ E(k+1) \\ \vdots \\ E(n2) \end{pmatrix} = K2(0) * E(1) + \dots + K2(k) * E(k+1) + \dots + K2(n2-1) * E(n2)$$

15

Das  $n$ -te Element der Teilkorrelationssummenfolge  $TS(n1*n2-1)$  wird nach  $n-1$  Verschiebungen der zweiten Signalfolge  $K2(k)$  gegenüber der Empfangssignalfolge  $E(l)$  entsprechend berechnet.

$$TS(n-1) = \begin{pmatrix} K2(0) \\ \vdots \\ K2(k) \\ \vdots \\ K2(n2-1) \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} E(n-1) \\ \vdots \\ E(k+n-1) \\ \vdots \\ E(n2+n-2) \end{pmatrix} =$$

$$= K2(0) * E(n-1) + \dots + K2(k) * E(k+n-1) + \dots + K2(n2-1) * E(n2+n-2)$$

20

Die so entstehende Teilkorrelationssummenfolge  $TS(z)$  ist im oberen Bereich der Figur 7 dargestellt. Aus dieser Teilkorrelationssummenfolge wird nun jedes  $n2$ -te-Element ausgewählt

Figur 8 zeigt nochmals das aus zwei Schritten bestehende Verfahren zur Berechnung von Korrelationssummen  $S$ , diesmal anhand des in Figur 5 dargestellten Beispiels zweier binärer Signalteilstfolgen der Länge 4.

5

In einem ersten Schritt werden die Teilkorrelationssummen  $TS(z)$  der zweiten Signalteilstfolge  $K2(k)$  +++ mit entsprechenden Abschnitten der Empfangssignalfolge  $E(l)$  berechnet, und dann in einem zweiten Schritt jedes vierte Element der so erzeugten Teilkorrelationssummenfolge  $TS(z)$  ausgewählt, mit dem entsprechenden Element der ersten Signalteilstfolge  $K1(j)$  +++ multipliziert und zur Korrelationsfolge  $S0$  aufsummiert.

10

15

Die dick gezeichneten Linien stellen dabei die neu durchzuführenden Berechnungsschritte dar für die Berechnung einer weiteren Korrelationssumme  $S1$ , für den Fall, daß die übrigen Teilkorrelationssummen  $TS$  schon zuvor berechnet und abgespeichert wurden.

20

Diese Ausführungsvariante kann möglichst speichereffizient durchgeführt werden, wenn zunächst jede  $n2$ -te Teilkorrelationssumme berechnet wird. Dazu werden die Abtastwerte zwischengespeichert.

25

Die Figuren 9 bis 10 stellen eine andere Ausführungsvariante zur vereinfachten Berechnung von Korrelationssummen  $S$  anhand des schon oben erwähnten Beispiels zweier binärer Signalteilstfolgen der Länge 4 vor.

30

Dabei wird zunächst jedes 4. Element der Empfangssignalfolge  $E(l)$  ausgewählt und die Teilkorrelationssummenfolge  $TS(z)$  der so ausgewählten Elemente mit der Signalteilstfolge  $K1(j)$  gebildet. Aus der so entstehenden Teilkorrelationssummenfolge  $TS(z)$  werden jeweils 4 aufeinander folgende Elemente ausgewählt, paarweise mit entsprechenden Elementen der Signalteilstfolge  $K2(k)$  multipliziert und die resultierenden Teilergebnisse zur Korrelationssumme  $S$  aufsummiert. Dabei stellen wie-

35

Stellen des erwarteten Hauptmaximums tatsächlich kein Maximum finden. Daher wird in diesem Fall die Hypothese verworfen und die Berechnung konventionell fortgesetzt.

5 Man kann die durch das Konstruktionsprinzip der Signalfolgen bedingte Regelmäßigkeit der Nebenmaxima aber auch zur Eliminierung und Korrektur störender Nebenmaxima im Korrelationsergebnis ausnutzen. Nach der Detektion des Maximums kann man aus dem Maximum die Nebenmaxima berechnen und diesen Wert  
10 von den entsprechenden Korrelationsergebnissen subtrahieren. Auf diese Weise erhält man das Korrelationsergebnis einer (hypothetischen) Folge mit perfekter Autokorrelationsfunktion. Dadurch ergibt sich durch die Regelmäßigkeit der Nebenmaxima eine stark vereinfachte Berechnung.

15

In Ausführungsvarianten der Erfindung werden zur Berechnung von Skalarprodukten, Korrelationssummen und/oder Teilkorrelationssummen Effiziente Golay Korrelatoren verwendet.

20 Figur 11 zeigt einen effizienten hierarchischen Korrelator für Signalfolgen, wobei als konstituierende Folgen K1, K2 Golayfolgen X,Y verwendet werden. Er besteht aus zwei hintereinander geschalteten Matched Filtern (a) , die jeweils als Efficient-Golay-Korrelatoren gebildet sind. b) zeigt den Matched Filter für die Folge X und c) zeigt den Matched Filter  
25 für die Folge Y.

Definition:

$a_n(k)$  und  $b_n(k)$  sind zwei komplexe Folgen der Länge  $2^N$ ,  
30  $\delta(k)$  ist die Kronecker Delta-Funktion,  
 $k$  ist eine die Zeit repräsentierende ganze Zahl,  
 $n$  ist die Iterationsnummer,  
 $D_n$  ist die Verzögerung,  
 $P_n$  ,  $n = 1, 2, \dots, N$ , ist eine beliebige Permutation der  
35 Zahlen  $\{0, 1, 2, \dots, N-1\}$ ,  
 $W_n$  können als Gewichte die Werte  $+1, -1, +i, -i$  annehmen und wird auch als Einheitsgröße bezeichnet.

rer (auch wenn man vierwertige konstituierende Folgen einsetzt)

5 Damit wird der Berechnungsaufwand um 7% reduziert. Das ist enorm, zumal der Rechenaufwand für die primäre Synchronisation in CDMA-Mobilfunksystemen sehr hoch ist.

Im folgenden werden Ausführungsvarianten der Erfindung angegeben:

10

Man verwendet zur Bildung einer Codefolge der Länge  $2^{N_X+N_Y}$  zwei konstituierende Golaysequenzen der Länge  $n_x=2^{N_X}$  und  $n_y=2^{N_Y}$  und baue sie wie oben beschrieben hierarchisch auf .

15 Man verwendet als Gewichte für die konstituierenden Golaysequenzen +1 und -1 und erzeuge somit binäre Sequenzen.

20 Man verwendet als Gewichte für die konstituierenden Golaysequenzen +1, -1, i oder -i und erzeuge somit 4-Wertige Sequenzen.

Man verwendet reelle Golaysequenzen.

25 Man verwendet komplexe Golaysequenzen.

Man verwendet zwei konstituierende Golaysequenzen gleicher Länge.

30 Man verwendet zwei komplementäre Golaysequenzen.

Man verwendet nur einen Efficient-Golay-Korrelator, ggf. mit programmierbaren Delays zur wahlweisen Berechnung von einer oder beiden komplementären Golaysequenzen.

35

Die Erfindung ist nicht auf Funkübertragungssysteme beschränkt, sondern kann auch bei Verwendung anderer Übertragungsverfahren z.B. akustischer Verfahren (Ultraschall), insbesondere zu Zwecken der Sonographie, oder optischer Verfahren, beispielsweise die Infrarotmessung nach Lidar-Prinzipien eingesetzt werden. Ein weiteres Anwendungsgebiet ist die Untersuchung von Änderungen der spektralen Zusammensetzung von rückgestreuten Signalen.

Die Bildung von Signalfolgen, ihre Übertragung, sowie die Berechnung von Korrelationssummen dieser Signalfolgen mit empfangenen Signalfolgen kann in unterschiedlichen technischen Gebieten Anwendung finden:

- zum Zwecke der Synchronisation zweier Übertragungseinheiten, wie beispielsweise Funkstationen, insbesondere die Verwendung dieser Folgen im Synchronisationskanal in CDMA-Mobilfunksystemen, wie das sich in der Standardisierung befindliche UMTS-System,

- bei der Datenübertragung mittels durch die Signalfolge gespreizte Sendesymbole bzw. Daten in Bandspreiz (spread spectrum)-Systemen, insbesondere zur Ermittlung von Sendesymbolen bzw. Daten, denen eine derartige Signalform aufmoduliert wurde,

- in der Meßtechnik zur Entfernungs- und Objektvermessung,

- zur Bestimmung von Übertragungseigenschaften des zwischen Übertragungseinheiten, wie Sendeeinheit und Empfangseinheit liegenden Übertragungskanals, in der Radarmeßtechnik, um die Lage eines Objektes und /oder weitere von der Geometrie und den spezifischen Reflexionseigenschaften des Objektes abhängige Parameter zu bestimmen,

- zur Bestimmung von Übertragungseigenschaften des zwischen Sender und Empfänger befindlichen Übertragungskanals, in der

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Bildung einer Signalfolge  $K(i)$  der Länge  $n$ , bei dem

- 5 die Signalfolge  $K(i)$  auf einer ersten Signalteilfolge  $K_1(j)$  der Länge  $n_1$  und einer zweiten Signalteilfolge  $K_2(k)$  der Länge  $n_2$  basiert, wobei sich die zweite Signalteilfolge  $K_2(k)$   $n_1$  mal wiederholt und dabei mit der ersten Signalteilfolge  $K_1(j)$  moduliert wird,  
 10 und es sich bei zumindest einer der Signalteilfolgen um eine Golaysequenz handelt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem

- 15 die Signalfolge  $K(i)$  eine Länge 256 aufweist, und die Signalfolge  $K(i)$  auf einer ersten Signalteilfolge  $K_1(j)$  der Länge 16 und einer zweiten Signalteilfolge  $K_2(k)$  der Länge 16 basiert, wobei sich die zweite Signalteilfolge  $K_2(k)$  16 mal wiederholt und  
 20 dabei mit der ersten Signalteilfolge  $K_1(j)$  moduliert wird.

3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Bildung der Signalfolge  $K(i)$  durch Modulation der zweiten Signalteilfolge  $K_2(k)$  nach folgender Vorschrift erfolgt:

25 
$$K(i) = K_2(i \bmod n_2) * K_1(i \operatorname{div} n_2), \text{ für } i = 0 \dots n_1 * n_2 - 1.$$

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem zumindest eine der Signalteilfolgen eine Golaysequenz  $X_n(k)$  der Länge  $n_x$  ist, die durch folgende Beziehung bildbar ist:

30

$$X_0(k) = \delta(k)$$

$$X'_0(k) = \delta(k)$$

$$X_n(k) = X_{n-1}(k) + W_n \cdot X'_{n-1}(k - D_n)$$

$$X_n(k) = X_{n-1}(k) - W_n \cdot X'_{n-1}(k - D_n) ,$$

35

$$k = 0, 1, 2, \dots, 2^{NX} - 1$$

$$n = 1, 2, \dots, NX$$



von Permutation-Einheitsgrößen-Paaren  $(P_1 P_2 P_3 P_4, W_1 W_2 W_3 W_4;)$  entnommen ist:

3201, +1-1+1+1; 3201, -1-1-1+1; 3201, -1-1+1-1; 3201, +1-1-1-1; , und ~

- 5 die zur Bildung der zweiten Signalteilfolge verwendete Permutation  $(P_1 P_2 P_3 P_4)$  gleich 3201 ist.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Bildung und/oder Übertragung der Signalfolge  $K(i)$  zum Zwecke der Synchronisation mindestens zweier Übertragungseinheiten erfolgt.

9. Verfahren zur Ermittlung einer in einer Empfangssignalfolge  $E(l)$  enthaltenen vorgegebenen Signalfolge  $K(i)$ , die durch ein Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7 erhältlich ist,

durch die Bestimmung der Korrelationssummen  $S$  der Signalfolge  $K(i)$  mit entsprechenden Abschnitten der Empfangssignalfolge  $E(l)$ , bei dem

- 20 eine Teilkorrelationssummenfolge  $TS(z)$  der Signalteilfolge  $K2(k)$  mit entsprechenden Teilen der Empfangssignalfolge  $E(l)$  berechnet wird, und

zur Berechnung einer Korrelationssumme  $S$   $n_1$  Elemente der Teilkorrelationssummenfolge  $TS(z)$  ausgewählt werden und im Sinne eines Skalarproduktes mit der Signalteilfolge  $K1(j)$  multipliziert werden.

10. Verfahren nach Anspruch 9, bei dem zur Berechnung einer Korrelationssumme  $S$   $n_1$  jeweils  $n_2$ -te Elemente der Teilkorrelationssummenfolge  $TS(z)$  ausgewählt werden.

11. Verfahren zur Ermittlung einer in einer Empfangssignalfolge  $E(l)$  enthaltenen vorgegebenen Signalfolge  $K(i)$ , die durch ein Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7 erhältlich ist,

die Basisstation eine Signalfolge  $K(i)$ , die durch ein Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8 erhältlich ist, aussendet, und

5 die Mobilstation die Signalfolge  $K(i)$  nach einem der Ansprüche 9 bis 16 ermittelt.

18. Sendeeinheit (BS) mit

Mitteln (SPE) zur Speicherung einer Signalfolge  $K(i)$ , die durch ein Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8 erhältlich ist, und

10 Mitteln zur Aussendung dieser Signalfolge  $K(i)$  zum Zwecke der Synchronisation mit einer Empfangseinheit (MS).

19. Sendeeinheit (BS) mit

15 Mitteln (SPE) zur Speicherung eines Permutation-Einheitsgrößen-Paares, das einer Menge von Permutation-Einheitsgrößen-Paaren entnommen ist, die in den Ansprüchen 5 bis 7 angegeben ist,

Mitteln zur Bildung einer Signalfolge  $K(i)$  gemäß einem Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, und

20 Mitteln zur Aussendung dieser Signalfolge  $K(i)$  zum Zwecke der Synchronisation mit einer Empfangseinheit (MS).

20. Empfangseinheit (MS) mit

25 Mitteln (SPE) zur Speicherung eines Permutation-Einheitsgrößen-Paares, das einer Menge von Permutation-Einheitsgrößen-Paaren entnommen ist, die in den Ansprüchen 5 bis 7 angegeben ist,

Mitteln zum Empfang einer Empfangssignalfolge  $E(l)$ , und

30 Mitteln zur Ermittlung einer Signalfolge  $K(i)$ .

21. Empfangseinheit (MS) mit

Mitteln (SPE) zur Speicherung eines Signalteilfolgenpaares, wobei zumindest eine Signalteilfolge eine Golaysequenz ist,

35 Mitteln zum Empfang einer Empfangssignalfolge  $E(l)$ , und

Mitteln zur Ermittlung einer Signalfolge  $K(i)$ .

## Zusammenfassung

Verfahren zur Bildung bzw. Ermittlung einer Signalfolge, Verfahren zur Synchronisation, Sendeeinheit und Empfangseinheit

5

Bildung von Signalfolgen die auf Signalteilfolgen basieren, wobei die zweite Signalteilfolge wiederholt wird und dabei durch die erste Signalteilfolge moduliert wird und mindestens eine der Signalfolgen eine Golaysequenz ist. Verwendung dieser Signalteilfolgen zur vereinfachten Berechnung von Korrelationssummen in einem zweistufigen Berechnungsverfahren, wobei zunächst eine Teilkorrelationssummenfolge berechnet wird.

10

Figur 5

15

FIG 2

2/11

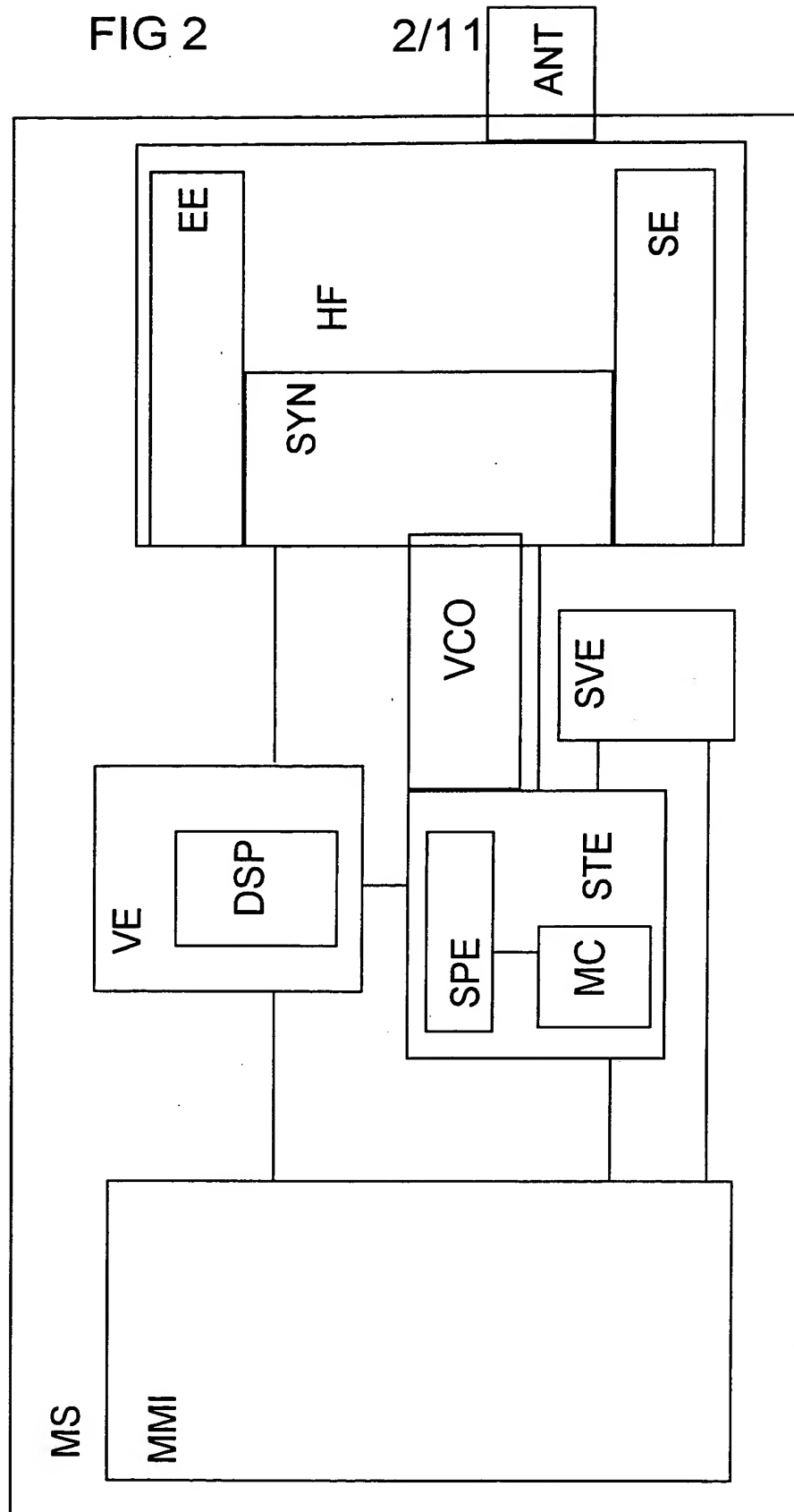


FIG 4

4/11

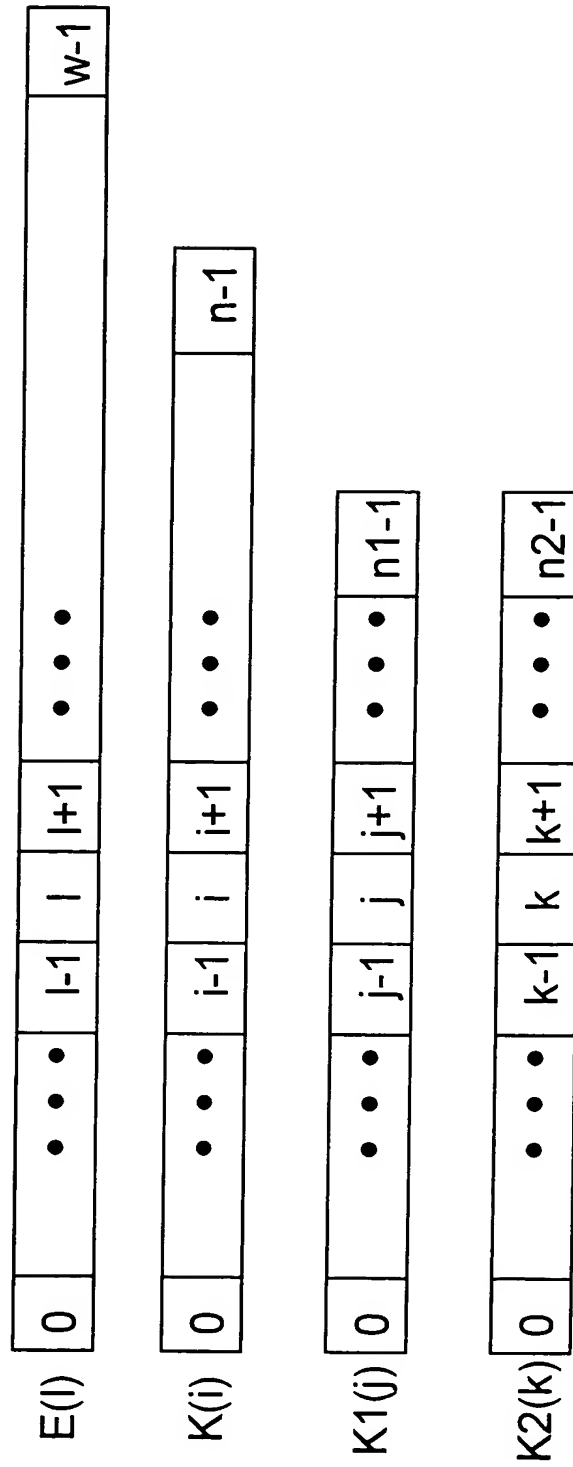
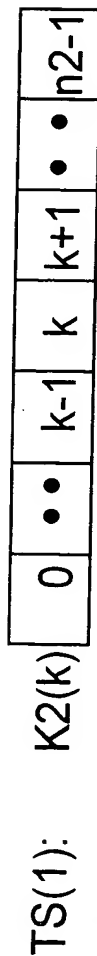
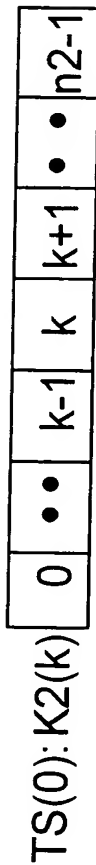
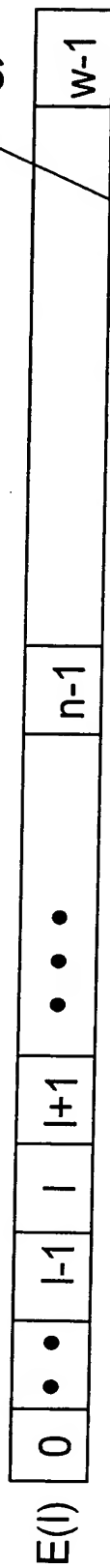


FIG 6

6/11



•  
•  
•



FIG 8

8/11

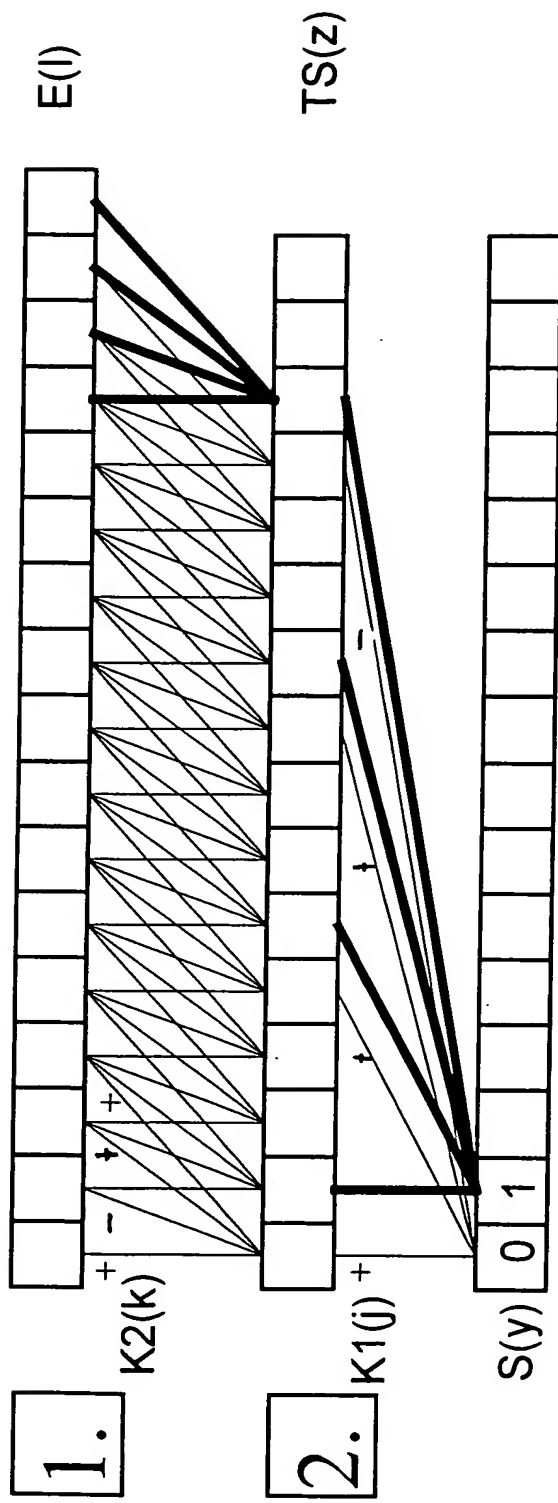
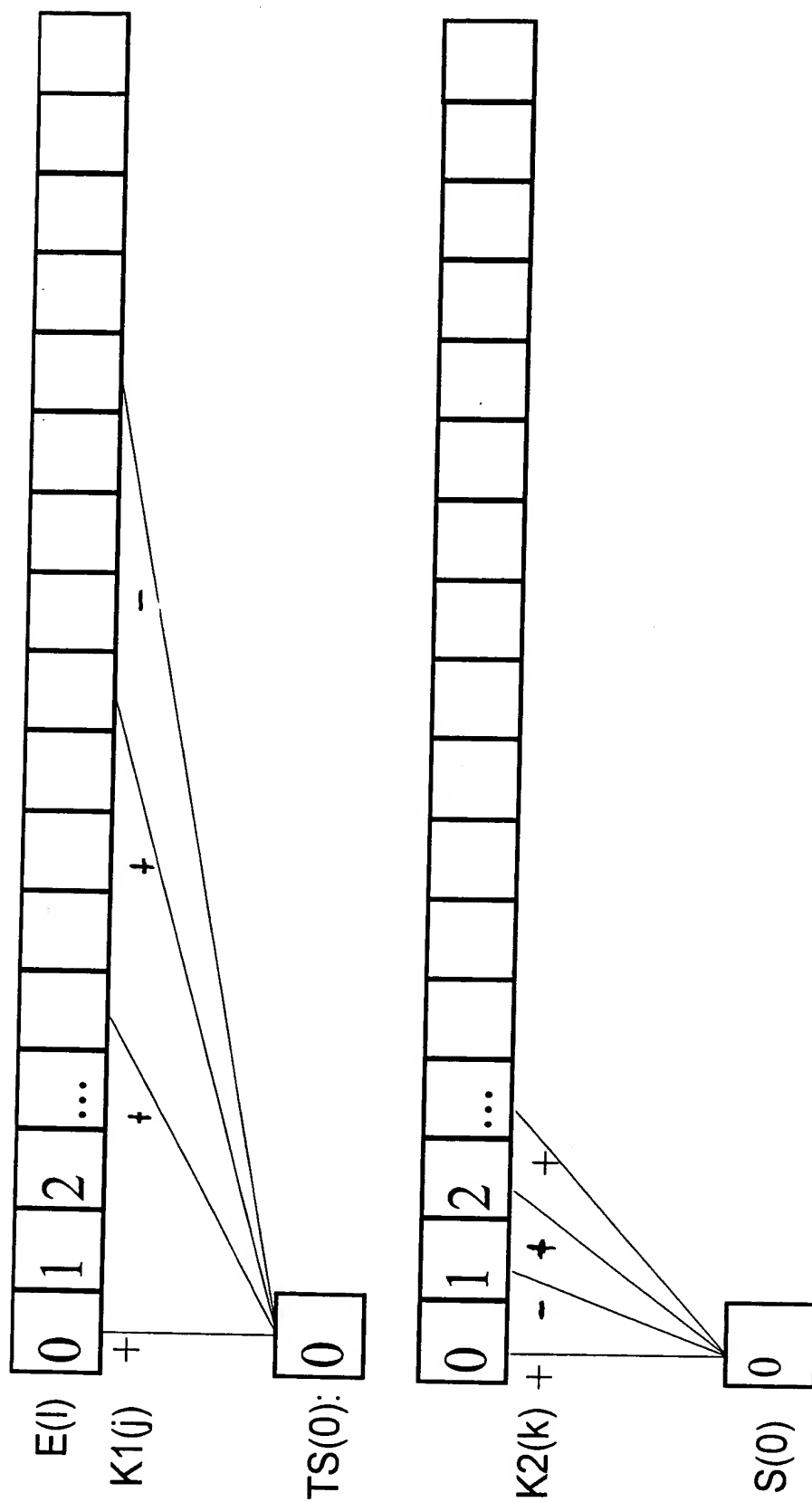


FIG 10

10/11





**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**